

# PARTICLE RADIATION DEVICE COMPRISING A PARTICLE SOURCE THAT IS OPERATED IN AN UTRAHIGH VACUUM AND A CASCADE PUMP ASSEMBLY FOR A PARTICLE RADIATION DEVICE OF THIS TYPE

Publication number: JP2004503063 (T)

**Publication date:** 2004-01-29

**Inventor(s):**

**Applicant(s):**

**Classification:**

- international: *F04D19/04; F04D25/00; H01J37/18; H01J37/28; F04D19/00; F04D25/00; H01J37/02; H01J37/28; (IPC1-7): H01J37/18; H01J37/28*

- European: F04D19/04D; F04D25/00; H01J37/18

**Application number:** JP20020508824T 20010703

Priority number(s): DE20001032607 20000707; WO2001EP07597 20010703

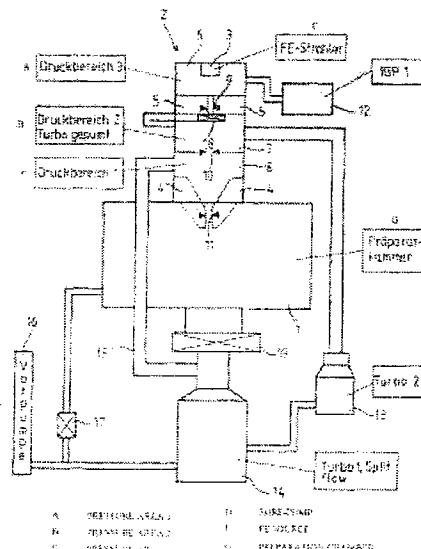
**Also published as:**

-  WO20205310 (A1)
-  US2004076529 (A1)
-  US6872956 (B2)
-  EP1299898 (A1)
-  EP1299898 (B1)

Abstract not available for JP 2004503063 (T)

Abstract of corresponding document: WO 0205310 (A1)

The invention relates to a particle radiation device comprising a particle source that is operated in an ultrahigh vacuum and a preparation chamber which can be operated using variable pressures of up to 1 hPa. The inventive particle radiation device has two intermediate pressure areas (7, 8) located between the ultrahigh vacuum area (6) and the preparation chamber (1). The two intermediate pressure areas (7, 8) are purged by means of a pump assembly consisting of a fore-pump (16) and two turbomolecular pumps (13, 14) connected in series, whereby one of the turbomolecular pumps (13) is purged first by the drag phase (24) of the other turbomolecular pump (14). In one example of the invention, the fore-pump (16) is also simultaneously used for evacuating the preparation chamber. In an alternative example, a second fore-pump (20) is provided for evacuating the preparation chamber (1). This assembly allows the ultrahigh vacuum in the ultrahigh vacuum area (6) to be maintained up to pressures of 100 hPa in the preparation chamber (1). The inventive particle radiation device is used in particular as a variable pressure scanning electron microscope (VP-SEM) or as an environmental scanning electron microscope (ESEM).



Data supplied from the *esp@cenet* database — Worldwide

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2004-503063

(P2004-503063A)

(43) 公表日 平成16年1月29日(2004.1.29)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>H01J 37/18  
H01J 37/28

F 1

H01J 37/18  
H01J 37/28

テーマコード(参考)

5C033

B

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 30 頁)

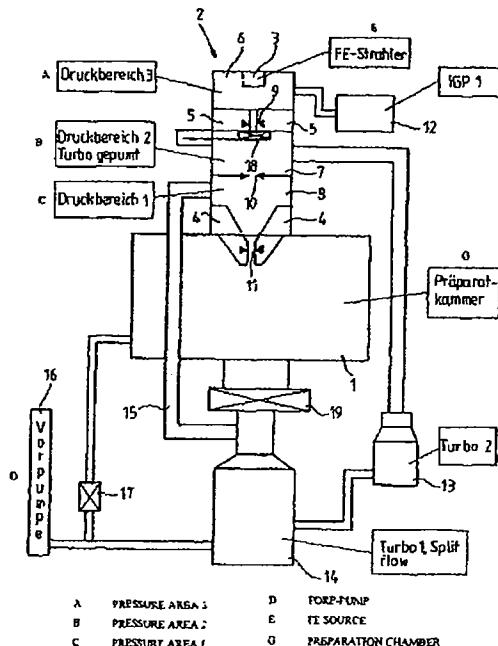
(21) 出願番号 特願2002-508824 (P2002-508824)  
 (86) (22) 出願日 平成13年7月3日 (2001.7.3)  
 (85) 翻訳文提出日 平成15年1月7日 (2003.1.7)  
 (86) 國際出願番号 PCT/EP2001/007597  
 (87) 國際公開番号 WO2002/005310  
 (87) 國際公開日 平成14年1月17日 (2002.1.17)  
 (31) 優先権主張番号 100 32 607.2  
 (32) 優先日 平成12年7月7日 (2000.7.7)  
 (33) 優先権主張國 ドイツ (DE)  
 (81) 指定国 EP (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), CZ, JP, US

(71) 出願人 598100036  
 エルエーオー・エレクトローネンミクロス  
 コピイ・ゲーエムベーハー  
 ドイツ連邦共和国・73466・オーベル  
 コヒエン・カールツアイスーシュトラー  
 セ・56  
 (74) 代理人 100064621  
 弁理士 山川 政樹  
 (72) 発明者 グノーカ, ペーター  
 ドイツ連邦共和国・72764・ロイトリ  
 ンゲン・グラゼルシュトラーセ・4  
 (72) 発明者 ドレクセル, フォルカー  
 ドイツ連邦共和国・89551・ケーニヒ  
 スプロン・ダンツィゲルシュトラーセ・3  
 F ターム(参考) 5C033 KK04 KK05 UU03

(54) 【発明の名称】 超高真空で作動する粒子源を備えた粒子放射装置およびこの種の粒子放射装置のためのカスクード状ポンプ装置

## (57) 【要約】

本発明は、超高真空で作動する粒子源と、1 hPa 以下の可変圧力で作動可能なプレパラート室とを備えた粒子放射装置に関する。本発明による粒子放射装置は、超高真空領域(6)とプレパラート室(1)との間に正確に2つの中間圧力領域(7, 8)を有している。中間圧力領域(7, 8)は、フォアポンプ(16)と2つのターボポンプ(13, 14)とから成る直列のポンプ装置を用いて真空にされ、この場合一方のターボ分子ポンプ(13)は他方のターボ分子ポンプ(14)のドラグ段(24)によって予めポンピングされる。本発明の1実施形態では、フォアポンプ(16)はプレパラート室を真空にするためにも用いられる。择一的な実施形態では、プレパラート室(1)を真空にするための第2のフォアポンプ(20)が設けられている。この配置構成により、超高真空領域(6)の超高真空はプレパラート室(1)が100 hPa の圧力になるまで維持される。本発明による粒子放射装置は特にいわゆる Variable Pressure SEM (VP-SEM) またはいわゆる ESEM として使用される。



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

第1および第2のターボ分子ポンプ(13, 14)を備えた粒子放射装置のためのカスケード状ポンプ装置であって、第2のターボ分子ポンプ(13)の吐出し側(26)が第1のターボ分子ポンプ(14)のメインポンプポート(21)と吐出し側(25)との間にある中間圧力領域(24)により予めポンピングされているカスケード状ポンプ装置。

## 【請求項 2】

第1のターボ分子ポンプ(14)が、ドラグ段(24)への接続部(22)を備えたスプリットフローポンプであり、第2のターボ分子ポンプ(13)の吐出し側(26)が第1のターボ分子ポンプ(14)のドラグ段(24)に接続されている、請求項1に記載のカスケード状ポンプ装置。 10

## 【請求項 3】

第1のターボ分子ポンプ(14)の吐出し側(25)を予めポンピングするための他のフォアポンプ(16)が設けられている、請求項1または2に記載のカスケード状ポンプ装置。

## 【請求項 4】

超高真空で作動する粒子源(3)と、少なくとも1hPa以下の高真空の圧力で作動可能なプレパラート室(1)とを有し、請求項1から3までのいずれか1項に記載のカスケード状ポンプ装置が設けられている粒子放射装置。

## 【請求項 5】

粒子源の超高真空領域(6)とプレパラート室(1)との間に正確に2つの他の中間圧力領域(7), (8)が設けられている請求項4に記載の粒子放射装置。 20

## 【請求項 6】

超高真空領域(6)に隣接している圧力領域が第2のターボ分子ポンプ(13)によりポンピングされている請求項4, 5のいずれか1項に記載の粒子放射装置。

## 【請求項 7】

第1のターボ分子ポンプ(14)がメインポンプポート(21)を介して、プレパラート室(1)に隣接している圧力領域(8)にも直接接続されている請求項4-6のいずれか1項に記載の粒子放射装置。

## 【請求項 8】

フォアポンプ(16)が弁(17)を介してプレパラート室(1)に直接接続されている請求項7に記載の粒子放射装置。 30

## 【請求項 9】

第1のターボ分子ポンプ(14)がさらに他の弁(19)を介してプレパラート室(1)に直接接続されている請求項4から8までのいずれか1項に記載の粒子放射装置。

## 【請求項 10】

第2のフォアポンプ(20)が設けられ、プレパラート室(1)に接続されている請求項8-9のいずれか1項に記載の粒子放射装置。

## 【請求項 11】

超高真空領域(6)を真空にするためのゲッターイオンポンプ(12)が設けられている請求項4から10までのいずれか1項に記載の粒子放射装置。 40

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

本発明は、超高真空で作動する粒子源を備えた粒子放射装置およびこの種の粒子放射装置のためのカスケード状ポンプ装置に関するものである。

## 【0002】

米国特許第5828064号明細書には、電界放出源を備えたいわゆる環境走査電子顕微鏡(Environmental Scanning Elektronenmikroskop ESEM)が記載されている。この種のESEMを用いると、通常の大気圧で試料を電子顕微鏡で検査することができ、或いは、通常の大気圧よりもわずかに減圧して検

査することができる。他方、電界放出源と、しばしば電界放出源とも呼ばれるショットキーエミッターは超高真空を必要とするので、電子顕微鏡全体は3つの中間圧力段を備えた差動ポンプシステムとして構成されている。その結果システム全体は5つの圧力領域を有し、これら圧力領域は4つの圧力段または圧力段絞りによって互いに分離されている。ポンプに対するコスト以外にも、3つの中間圧力領域の真空接続部にスペースが必要であるので、電子光学的構成要素には必要としない付加的な高さが必要である。

【0003】

米国特許第4720633号明細書からは他のESEMが知られているが、電子源のチャンバーの真空は、装置を電界放出源で作動させるにはあまりにも不具合である。

【0004】

10

米国特許第5717204号明細書からは、半導体製造において検査用に使用する電子顕微鏡が知られている。超高真空領域と該超高真空領域に隣接している中間圧力領域とはゲッターアイオンポンプにより真空にされている。試料室と該試料室に隣接している圧力領域とはそれぞれ別個のターボ分子ポンプによってポンピングされており、両ターボ分子ポンプは共通のフォアポンプの吸込み側に接続されている。通常この種の検査装置は、試料室の不具合な真空状態で作動するようには想定されていない。

【0005】

20

ドイツ連邦共和国特許公開第4331589A1号明細書からは、複数のターボ分子ポンプを互いに直列に接続したカスケード状ポンプ装置が知られている。このポンプ装置では、ターボ分子ポンプの吐出し側はその上流側に配置されたターボ分子ポンプのメインポートによって予めポンピングされる。この場合、前記上流側に配置されたターボ分子ポンプはT形部材を介して中間圧力領域にも接続されている。このカスケード状ポンプ装置により、上流側に配置されたターボ分子ポンプによってポンピングされる中間圧力領域の真空は、次に高い真空段によって負荷される。

【0006】

30

米国特許第4889995号明細書から知られている走査電子顕微鏡では、回転ポンプによって予めポンピングされるターボ分子ポンプは弁を介してプレパラート室を真空にするためにも、電子源および中間圧力領域のチャンバーを真空にするためにも並行的に用いられる。さらに、電子源とこれに隣接している両中間圧力領域とのチャンバーを真空にするために超高真空ポンプが設けられている。このようなポンプ装置によっても試料室が不具合な真空状態での作動は不可能である。

【0007】

日本応用物理学会、付録2、第249頁以下(1974年)の論文からは、オイル拡散ポンプから成るポンプ装置を備えた電子顕微鏡が知られている。しかしながら、オイル拡散ポンプは高圧でのポンプキャパシティが小さいために、プレパラート室を可変圧力で作動させることができねばならない電子顕微鏡には適していない。

【0008】

【特許文献1】米国特許第5828064号

40

【特許文献2】米国特許第4720633号

【特許文献3】米国特許第5717204号

【特許文献4】ドイツ連邦共和国特許公開第4331589A1

【特許文献5】米国特許第4889995号

【非特許文献1】日本応用物理学会、付録2、第249頁以下(1974年)

【0009】

本発明の目的は、試料室がほぼ周囲圧まで変化し、且つ粒子源の領域は超高真空であるにもかかわらず、簡潔な構成を有する粒子線放射装置、特に走査電子顕微鏡を提供することである。本発明の他の目的は、粒子線放射装置の簡潔な構成を可能にする真空システムを提供することである。

【0010】

上記の目的は、本発明によれば、請求項1の構成を備えたポンプ装置と、請求項4の構成

50

を備えた粒子放射装置とによって達成される。

【0011】

本発明による粒子放射装置用カスケード状ポンプ装置は2つのターボ分子ポンプを有し、そのうち第2のターボ分子ポンプは第1のターボ分子ポンプの出口側を予めポンピングするため用いられる。この場合、第2のターボ分子ポンプの吐出し側は第1のターボ分子ポンプのメインポートと吐出し側との間にある中間圧力領域に接続されている。

【0012】

第1のターボ分子ポンプはいわゆるスプリットフローポンプであってよく、ターボ分子ポンプのドラグ段の領域にある付加的なポンプポートを有している。このドラグ段ポンプポートは、第2のターボ分子ポンプを予めポンピングするために使用するのが有利である。

10

【0013】

ドラグ段とは、通常のようにターボ分子ポンプにしばしば使用される機構であり、ステータのまわりを回転する、隆起部を備えたディスクと、エッジ領域に設けた穴とから構成される。ディスクはターボ分子ポンプの最後のロータプレートの出力側に配置され、ポンピングされたガスを補助的に圧縮するためのものである。

【0014】

予めポンピングされるターボ分子ポンプの中間圧力領域を、たとえばドラグ段ポンプポートを予め真空にすることによって1つのターボ分子ポンプを予めポンピングすることにより、メインポンプポートの領域が予めポンピングされたターボ分子ポンプのガス流によって負荷されないという利点が得られる。これにより、予めポンピングされるターボ分子ポンプの二重機能にもかかわらず、メインポンプポートにより真空にされた領域の真空状態がより改善される。

20

【0015】

カスケード状ポンプ装置を備えた粒子放射装置は、超高真空で作動される粒子源と、高真空領域の圧力により少なくとも1 hPa (ヘクトパスカル Hektopascal) までの $10^{-3}$  hPa以下の圧力で作動可能なプレパラート室とを有している。本発明による粒子放射装置では、粒子源の超高真空領域とプレパラート室との間に正確に2つの他の中間圧力領域が設けられている。

【0016】

したがって粒子放射装置は正確に4つの圧力領域を有し、すなわち粒子源が配置されている超高真空領域と、2つの中間圧力領域と、プレパラート室とを有している。これにより本発明による粒子放射装置では全部で3つの圧力段が得られ、これら圧力段に対し全部で3つの圧力段絞りが必要である。

30

【0017】

3つの圧力段だけで済ませるために、超高真空領域に隣接している圧力領域は第2のターボ分子ポンプによりポンピングされている。さらに、このターボ分子ポンプの吐出し側はその上流側に配置されるターボ分子ポンプによって予めポンピングされる。この場合、ターボ分子ポンプの吐出し側はその上流側に配置されるターボ分子ポンプのドラグ段に接続されている。このポンプ配置構成により、超高真空領域に隣接している圧力領域の圧力は $10^{-6}$  hPa以上の値に保持される。

40

【0018】

他の有利な実施態様では、第1のターボ分子ポンプのメインポンプポートはプレパラート室に隣接している圧力領域に接続されている。これにより第1のターボ分子ポンプは二重機能を有することができ、すなわち第2のターボ分子ポンプの吐出し側を予めポンピングする機能と、試料室に隣接している圧力領域を真空にする機能を有する。

【0019】

さらに、第1のターボ分子ポンプの吐出し側を予めポンピングするフォアポンプを設けるのが有利である。このフォアポンプは、これに加えて、プレパラート室を所望の圧力に真空にするためにも用いることができる。しかしながら、プレパラート室の圧力が5 hPa以上の圧力でも作動可能でなければならないような粒子放射装置を使用する場合は、プレ

50

パラート質を真空にする第2のフォアポンプを設けて、第1のフォアポンプは、第1のターボ分子ポンプの吐出し側を予めポンピングするためにのみ用いるのが好ましい。

#### 【0020】

次に、図面に記載した実施形態に関し本発明をさらに詳細に説明する。

#### 【0021】

図1において(1)はプレパラート室、(2)は粒子放射装置の電子光学的コラムである。電子光学的コラム(2)は3つの圧力領域(6)、(7)、(8)を有し、これらの圧力領域はそれぞれ圧力段絞り(9)、(10)、(11)によって互いに分離されている。(幾何学的に見て)電子光学的コラム(2)の最上位の圧力領域(6)は、 $5 \times 10^{-8}$  hPaよりも低い圧力で超高真空を維持するように構成されている。この超高真空領域はゲッターアイオンポンプ(12)を介して真空にされる。当該超高真空領域内には、電界放出源またはショットキーエミッターの形態の粒子源(3)が配置されている。

10

#### 【0022】

超高真空領域(6)とこれに隣接している中間圧力領域(7)との間には粒子放射装置のコンデンサ(5)が配置され、図1ではそのポールシューのみを図示した。コンデンサ(5)とほぼ同じ高さで、或いは、(電子の伝播方向に見て)コンデンサレンズ(5)のポールシュースリットの後方には、前記圧力段絞り(9)が配置されている。この圧力段絞り(9)は超高真空領域(6)とこれに隣接している中間圧力領域(7)との間で適当な圧力差を維持するためのものである。

#### 【0023】

20

第1の中間圧力領域(7)の後には第2の中間圧力領域(8)が設けられている。第2の中間圧力領域(8)は第2の圧力段絞り(10)によって第1の中間圧力領域(7)から分離されている。この第2の中間圧力領域(8)とプレパラート室との間には粒子放射装置の対物レンズ(4)が配置され、図1ではそのポールシューのみを図示した。対物レンズ(4)の間、或いは、(電子の伝播方向に見て)対物レンズ(4)のポールシューの前方には、第3の圧力段絞り(11)が配置されている。この第3の圧力段絞り(11)は第2の中間圧力領域(8)とプレパラート室(1)との間で適当な圧力差を確保するためのものである。

#### 【0024】

30

適当な真空条件を設定するため、図1の実施形態では、超高真空領域(6)用のゲッターアイオンポンプ(12)以外に、フォアポンプ(16)と部分的には同様に直列に接続されている2つのターボ分子ポンプ(13)、(14)とから成るカスケード状のポンプ装置が設けられている。この場合フォアポンプ(16)は二重に機能を果たす。すなわちフォアポンプ(16)は、別個のパイプコネクションを介して直接プレパラート室(1)を真空にするために用いるとともに、第1のターボ分子ポンプ(14)の出口(25)を吸引するためにも用いる。この場合、プレパラート室(1)の真空状態はパイプコネクションに設けた弁(17)を介して調節可能である。プレパラート室の圧力は図示していない調節可能なガス供給弁を介して設定することができる。

#### 【0025】

40

第1のターボ分子ポンプ(14)は、出力が大きいわゆるスプリットフローポンプとして構成され、三重に機能を果たす。メインポンプポート(21)の吸込み側接続部は、配管系(15)を介して、プレパラート室(1)に隣接している中間圧力領域(8)に直接フランジ結合され、これによりこの中間圧力領域を直接真空にする用を成している。同時にメインポンプポート(21)の吸込み側接続部は第2の弁(19)を介して直接プレパラート室(1)にフランジ結合されている。さらに、第1のターボ分子ポンプ(14)のドラグステップポート(22)の吸込み側接続部は第2のターボ分子ポンプ(13)の吐出し側に接続されており、その結果第1のターボ分子ポンプ(14)は、プレパラート室(1)に隣接している中間圧力領域(8)を真空にする機能に加えて、ドラグステップポート(22)を介して第2のターボ分子ポンプ(13)を予めポンピングする用をも成している。第2のターボ分子ポンプ(13)の吸込み側接続部(23)は、超高真空領域(6)

50

6) に隣接している中間圧力領域 (7) に直接接続されている。

【0026】

上述したように、或いは以下で説明するように、1つの真空ポンプを1つの圧力領域に直接接続する限りにおいては、このポンプにより行なわれる圧力領域の真空化は直接に行われる。すなわち、このポンプから吐き出されたガス分子を、圧力領域と当該ポンプの吸込み側接続部との間において圧力段絞りを通過させる必要がない。

【0027】

以上説明した真空システムは、全部で4つの圧力領域を備えた差動ポンプ型真空システムである。

【0028】

直列に接続されているカスケード状のポンプ装置により、ただ1つのゲッターアイオンポンプ (12) と、2つのターボ分子ポンプ (13), (14) と、ただ1つのフォアポンプ (16) を用いて、プレパラート室 (1) の圧力が  $5 \text{ hPa}$  ないし  $10^{-7} \text{ hPa}$  である場合、超高真空室 (6) 内の圧力を  $5 \times 10^{-8} \text{ hPa}$  以下の超高真空に維持させることができ。プレパラート室 (1) 内の圧力が所望の  $10^{-2} \text{ hPa}$  ないし  $5 \text{ hPa}$  である場合、フォアポンプ (16) とプレパラート室 (1) との間にある弁 (17) は開いており、第1のターボ分子ポンプ (14) とプレパラート室 (1) との間にある第2の弁 (19) は閉じている。この場合プレパラート室 (1) 内の真空は、フォアポンプ (16) を用いて達成可能な真空またはフォアポンプ (16) で設定された真空だけで決定されている。第1のターボ分子ポンプ (14) のドラグ段 (24) を前もって真空にすることにより第2のターボ分子ポンプの吐出し側 (26) を予めポンピングすることによって、且つ第1のターボ分子ポンプ (14) のポンプパワーのほぼ全部をプレパラート室に隣接している中間圧力領域 (8) をポンピングするためにのみ用いることによって、超高真空領域に隣接している中間圧力領域 (7) を  $10^{-4} \text{ hPa}$  ないし  $10^{-6} \text{ hPa}$  の真空に維持することが保証される。

10

20

30

【0029】

プレパラート室 (1) 内の圧力がフォアポンプ (16) で達成できない  $10^{-2} \text{ hPa}$  以下の圧力の場合、フォアポンプ (16) とプレパラート室 (1) との間にある第1の弁 (17) は閉じられ、プレパラート室 (1) と第1のターボ分子ポンプ (14) との間にある第2の弁 (19) は開かれる。この場合、フォアポンプ (16) は第1のターボ分子ポンプ (14) を予めポンピングすることにのみ用いられる。このときプレパラート室 (1) も該プレパラート室 (1) に隣接している中間圧力領域 (8) もターボ分子ポンプ (14) によって直接ポンピングされる。この場合、対物レンズ (4) 内に配置されている圧力段絞り (11) は作用しない。この場合にも、第1のターボ分子ポンプ (14) により予めポンピングされる第2のターボ分子ポンプ (13) により、超高真空領域 (6) に隣接している中間圧力領域 (7) では  $10^{-4} \text{ hPa}$  ないし  $10^{-6} \text{ hPa}$  の真空が維持される。

【0030】

両ケースとも、第1のターボ分子ポンプのドラグ段 (24) は補助真空状態にあり、この補助真空状態により第2のターボ分子ポンプ (13) は  $10^{-1} \text{ hPa}$  ないし  $10^{-4} \text{ hPa}$  の範囲で予めポンピングされる。

40

【0031】

上述した実施形態において、プレパラート室 (1) が開口しても超高真空領域 (6) の超高真空が維持されるように、電子光学的コラムの内部には、有利には超高真空領域と該超高真空領域に隣接している圧力領域 (7) との間に遮断弁 (18) が設けられている。遮断弁 (18) はプレパラート室 (1) が開口する前に閉じられる。これにより、フォアポンプ (16) と両ターボ分子ポンプ (13), (14) とはプレパラート室 (1) が開口したときに停止させることができる。

【0032】

図2に図示した実施形態は概ね図1の実施形態に対応している。したがって図2において

50

は、図1の実施形態の構成要素に対応する構成要素には同一の符号を付した。両実施形態が一致している限りにおいては、図2に関しては図1の上記説明を参照してもらいたい。

### 【0033】

図2の実施形態と図1の実施形態との主要な違いは、図2の実施形態においてはフォアポンプ(16)が第1のターボ分子ポンプ(14)を予めポンピングするためにのみ用いられることがある。ターボ分子ポンプ(14)の補助真空側のドラグ段(24)は第2のターボ分子ポンプ(13)を予めポンピングするために用いられる。プレパラート室(1)を真空にするため第2のフォアポンプ(20)が設けられ、そのポンプパワーは第1の弁(17')を介して調節可能である。第2のフォアポンプ(20)を備えたこの選一的なポンプ装置により、超高真空領域(6)内の超高真空を維持した状態で粒子放射装置をプレパラート室の圧力が100 hPa以下でも使用可能である。プレパラート室(1)の室内圧力が $10^{-2}$  hPa以下の場合は、プレパラート室(1)も該プレパラート室(1)に隣接している中間圧力領域(8)も第1のターボ分子ポンプだけを介してポンピングされる。この場合、第2のフォアポンプ(20)とプレパラート室(1)との間にある第1の弁(17')は閉じており、第1のターボ分子ポンプ(14)とプレパラート室(1)との間にある第2の弁(19)は開いている。これに対して圧力が $10^{-2}$  hPaないし100 hPaの場合には第1の弁(17')は開いており、その結果プレパラート室(1)は第2のフォアポンプ(20)によって真空にされ、第2の弁(19)は閉じられる。この実施形態の場合、プレパラート室(1)と該プレパラート室に隣接している中間圧力室(8)との間でより高い室圧によってより強いガス流を生じさせるため、第1のフォアポンプ(16)は第1のターボ分子ポンプ(14)を予めポンピングするためにのみ用いられ、これにより第1のターボ分子ポンプ(14)の搬送パワーは対応的に高くなる。この場合も、 $10^{-1}$  hPaないし $10^{-4}$  hPaの範囲の補助真空状態にある第1のターボ分子ポンプ(14)のドラグ段(24)によって予めポンピングされる第2のターボ分子ポンプ(13)は、超高真空領域(6)に境を接している中間圧力領域(7)が $10^{-5}$  hPaないし $10^{-6}$  hPaの範囲の真空に維持されるのを保証する。

10

20

30

### 【0034】

図2に図示した実施形態の場合、超高真空領域(6)とプレパラート室との間には、10程度の圧力差、すなわち $10^{-10}$  hPaの圧力差が2つの中間圧力領域だけを介して維持される。

### 【0035】

基本的には、引用した従来の技術の場合と同様に、超高真空領域に境を接している中間圧力領域(7)をも第2のゲッターアイオンポンプを用いて真空にしてもよい。この場合には、プレパラート室(1)に境を接している中間圧力領域は、1つのターボ分子ポンプのドラグ段によって予めポンピングされるターボ分子ポンプにより真空にされる。しかしながら、この場合第2のゲッターアイオンポンプは非常に高いポンプパワーを持つよう設計されていなければならず、これによりゲッターアイオンポンプのサイズが大きくなるので、電子光学的コラムの高さも大きくなってしまう。

### 【図面の簡単な説明】

#### 【図1】

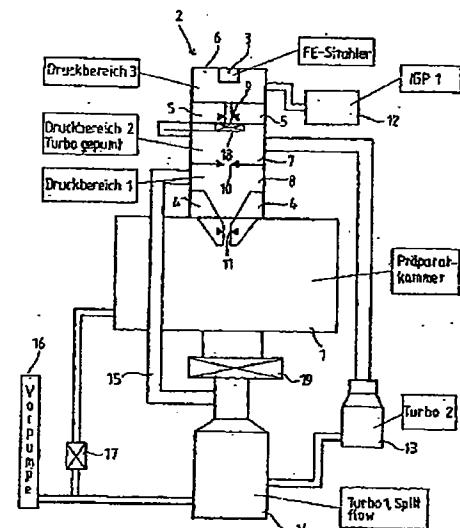
プレパラート室の圧力が比較的低い場合に対して適している、本発明の第1実施形態の原理図である。

#### 【図2】

プレパラート室の圧力が比較的高い場合に対して適している、本発明の第1実施形態の原理図である。

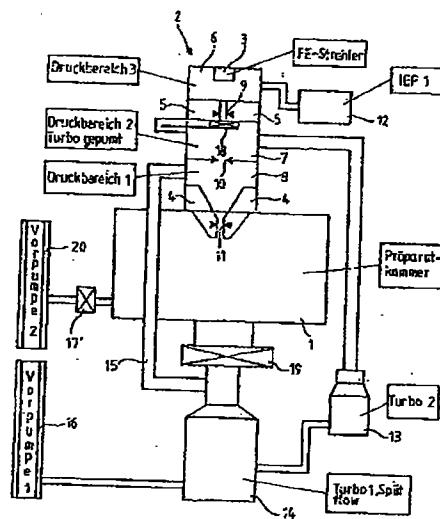
40

【図1】



Druckbereich 3: 壓力領域3 Druckbereich 2: 壓力領域2 Druckbereich 1: 壓力領域1  
Turbo geplant: ターボゲンディング  
Vor-Pumpe: フォアポンプ FE-Streher: FEストレーハー Preparat-kammer: プリパラートカーマー<sup>タ</sup>  
Turbo 2: ターボ2 Turbo 1, Split flow: ターボ1, スプリットフロー

【図2】

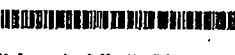


Druckbereich 3: 壓力領域3 Druckbereich 2: 壓力領域2 Druckbereich 1: 壓力領域1  
Turbo geplant: ターボゲンディング  
Vor-Pumpe 2: フォアポンプ 2, Vor-Pumpe 1: フォアポンプ 1, FE-Streher: FEストレーハー  
Preparat-kammer: プリパラートカーマー Turbo 2: ターボ2, Turbo 1, Split flow: ターボ1, スプリットフロー

## 【国際公開パンフレット】

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENNS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(13) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales PTO



(14) Internationales Veröffentlichungsdatum  
17. Januar 2002 (17.01.2002)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 02/05310 A1

(15) Internationale Patentklassifikation's  
J71/R, F04D 15/04

(17) Anmelder (für alle Rechtsinhaberrechte mit Ausnahme von USN TEC FLUENTRONTECHNIKOSKOPE GMBH (DE/DE); 73416 Oberkochen (DE))

(16) Internationales Akteurzeichen  
PC17A200107001

(21) Erklaerungen und  
(25) Erklaerungen und  
Anmeldeformular (nur für USN GNAUTIG, Peter  
3. Jul 2001 (03.07.2001))  
DREXEL, Volker (DE/DE); Glaserstrasse 4, 72761 Rottenburg (DE);  
Königstrasse 3, 89551  
Dreisbach (DE))

(18) Erreichungssprecher:  
Dreisbach

(24) Anschrift: GNAUTIG, Name: Christian Zeiss,  
Königstrasse 3, 72761 Rottenburg (DE).

(19) Veröffentlichungsprache:  
Deutsch

(24) Anschrift: GNAUTIG, Name: Christian Zeiss,  
Königstrasse 3, 72761 Rottenburg (DE).

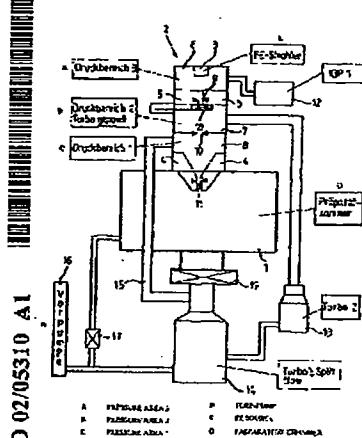
(20) Angaben zur Priorität:  
10032 607.2

2. Jul 2000 (02.07.2000) DE (31) Bestimmungssatz (national): CZ, FR, US.

*[Fortsetzung auf der nächsten Seite]*

(50) Titel: PARTICLE RADIATION SOURCE COMPRISING A PARTICLE SOURCE THAT IS OPERATED IN AN ULTRA HIGH VACUUM AND A CASCADE PUMP ASSEMBLY AND A PARTICLE RADIATION DEVICE OF THIS TYPE

(54) Beschreibung: TEILCHENSTRAHLENGERÄT MIT EINER IN ULTRAHÖCHVAKUUM ZU BETREIBENDEN TEILCHEN-  
QUELLE UND KASKADEENFÖRMIGE PUMPANORDNUNG FÜR EIN SOLCHES TEILCHENSTRAHLENGERÄT



## WO 02/05310 A1

(80) Benennungsstil: regional: europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, EL, FR, GB, GR, IS, IT, LU, MC, NL, PL, SE, TR); zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidelines Notes on Codes and Abbreviations") im Anhang jeder regulären Ausgabe (der PCT-Gazette) verwiesen.

Veröffentlichung:  
mit internationalen Rechtenbereichen  
vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltende  
Frist: Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen  
eintreten

(87) Zusatz erlangung: Die vorliegende Erfindung betrifft ein Tiefenabsauggerät mit einer im Unterhautknoten zu befindenden Tiefenpumpe und einer Unterhautanlage, die mit variablen Drücken bis 1000 betreibbar ist. Der erforderungsgemäße Tiefenabsaug-  
gerät hat zwischen dem Unterhautabsaugknoten (6) und der Präparationsanlage (1) genau zwei Zwischenabsaugknoten (7, 8). Beide  
Zwischenabsaugknoten (7, 8) werden mit Hilfe einer aktiven Pumpensteuerung aus einer Vorpumpe (10) entweder Tiefenabsaug-  
knotenpumpe (15, 19) evakuiert, wobei dies der Tiefenabsaugknotenpumpe (15) durch die Druck-Stufe (20) der anderen Tiefenabsaug-  
knotenpumpe (19) vorgenommen ist. Bei einem Anstiegspunkt der Drücke über die Vorpumpe (10) gleichzeitig auch zum  
Einkreisen des Präparationsraums. Bei einem Anstiegspunkt der Drücke gleichzeitig mit einer Zentrale Vorpumpe (10) zum Einkreisen der  
Präparationsraum (2) vorgenommen. Mit dieser Ausbildung ist das Überdruckknoten im Tiefenabsaugknoten (7) bis zu Drücken  
von 1000 hPa in der Präparationsanlage (1) aufrecht erhältbar. Das erforderungsgemäße Tiefenabsauggerät kann inbeondere Anwen-  
dung als sogenanntes Variable Pressure SEM (VP SEM) oder als sogenanntes ESESE.

WO 02A5310

WCTERPU107597

## Beschreibung:

Teilchenstrahlgerät mit einer im Ultrahochvakuum zu betreibenden Teilchenquelle und kaskadenförmige Pumpanordnung für ein solches Teilchenstrahlgerät

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Teilchenstrahlgerät mit einer im Ultrahochvakuum zu betreibenden Teilchenquelle sowie eine kaskadenförmige Pumpanordnung für ein entsprechendes Teilchenstrahlgerät.

In der US 5 828 064 ist ein sogenanntes Environmental Scanning Elektronenmikroskop (ESEM) mit einer Feldemissionsquelle beschrieben. Derartige ESEM's erlauben die elektronenmikroskopische Untersuchung von Proben unter normalem Atmosphärendruck oder gegenüber dem normalen Atmosphärendruck nur geringfügig reduziertem Druck. Da andererseits Feldemissionsquellen und auch die häufig als Feldemissionsquellen bezeichneten sogenannten Schottky-Emitter für ihren Betrieb ein Ultrahochvakuum benötigen, ist das gesamte Elektronenmikroskop als differentiell gepumptes System mit drei Zwischendruckstufen aufgebaut. Das Gesamtsystem weist demzufolge fünf Druckbereiche auf, die durch vier Druckschafften oder Druckschafftenblenden voneinander getrennt sind. Neben dem Aufwand für die Pumpen resultiert aus dem für die Vakuumanschlüsse der drei Zwischendruckbereiche benötigten Raum ein zusätzlicher Bedarf an Baulänge, wie dieser allein für die elektronenoptischen Komponenten nicht erforderlich wäre.

Aus der US 4 720 633-A ist ein weiteres ESEM bekannt, bei dem jedoch das Vakuum in der Kammer der Elektronenquelle zu schlecht ist, um das Gerät mit einer Feldemissionsquelle zu betreiben.

Aus der US 5 717 204-A ist ein Elektronenmikroskop für die Inspektion in der Halbleiterfertigung bekannt, bei dem der Ultrahochvakuumbereich und der dazu

WO 02A05330

PCT/EP01/07597

Ultrahochvakumbereich benachbarte Zwischendruckbereich durch Ionengitterpumpen evakuiert ist; die Probenkammer und der zur Probenkammer benachbarte Druckbereich sind jeweils durch eine separate Turbomolekularpumpe gepumpt, wobei die beiden Turbomolekularpumpen an die Ansaugseite einer gemeinsamen Vorpumpe angeschlossen sind. Derartige Inspektionsgeräte sind üblicher Weise nicht zum Betrieb mit einem schlechten Vakuum in der Probenkammer konzipiert.

Aus der DE 43 31 589-A1 ist eine kaskadenförmige Pumpenanordnung mit hintereinander geschalteten Turbomolekularpumpen bekannt, bei der jeweils der Ansaugtrichter einer Turbomolekularpumpe durch den Main Port einer vorgeschalteten Turbomolekularpumpe vorgepumpt ist, wobei die Ansaugtrichter der vorgeschalteten Turbomolekularpumpe über ein T-Stück gleichzeitig an einen Zwischendruckbereich angeschlossen ist. Durch diese kaskadenförmige Pumpenanordnung wird das Vakuum in dem von der vorgeschalteten Turbomolekularpumpe gepumpten Zwischendruckbereich durch den Gasstrom der nächst höheren Vakuumstufe belastet.

Aus der US 4 889 995-A ist ein Rasterelektronenmikroskop bekannt, bei dem eine von einer Rotationspumpe vorgepumpte Turbomolekularpumpe parallel über Ventile sowohl zum Evakuieren der Präparatkammer als auch der Kammer der Elektronenquelle und der Zwischendruckbereiche dient. Zusätzlich sind zur Evakuierung der Kammer der Elektronenquelle und der beiden benachbarten Zwischendruckbereiche Ultrahochvakumpumpen vorgesehen. Mit einer solchen Pumpenanordnung ist ebenfalls ein Betrieb mit schlechtem Vakuum in der Probenkammer nicht möglich.

Aus einem Aufsatz in Japan. J. Appl. Phys. Suppl 2, S 249 ff, (1974) ist ein Elektronenmikroskop mit einer Pumpenanordnung aus ÖL-Diffusionspumpen bekannt. ÖLdiffusionspumpen sind jedoch wegen ihrer geringen Pumpkapazität bei hohen Drücken ungeeignet für Elektronenmikroskope, bei denen die Präparatkammer mit variierenden Drücken betreibbar sein soll.

WO 0205310

PCT/EP01/07597

Ziel der vorliegenden Erfindung ist es, ein Körnchenstrahlgerät, insbesondere ein Rasterelektronenmikroskop anzugeben, das trotz variablen Druck in der Probenkammer bis hin zu nahezu Umgebungsdruck und Ultrahochvakuum im Bereich der Teilchenquelle einen vereinfachten Aufbau aufweist. Ein weiteres Ziel der vorliegenden Erfindung ist es, ein Vakuumpumpensystem anzugeben, mit dem ein entsprechend vereinfachter Aufbau eines Körnchenstrahlgerätes ermöglicht wird.

Diese Ziele werden erfundungsgemäß durch eine Pumpenanordnung mit den Merkmalen des Anspruches 1 und ein Teilchenstrahlgerät mit den Merkmalen des Anspruches 4 erreicht.

Eine erfundungsgemäß kaskadenförmige Pumpenanordnung für ein Teilchenstrahlgerät weist zwei Turbomolekularpumpen auf, von denen die zweite Turbomolekularpumpe zum Vorpumpen des Ausgangs der ersten Turbomolekularpumpe dient, wobei der Auslaß der zweiten Turbomolekularpumpe in einen zwischen dem Haupt-Pumpenport und dem Auslaß liegenden Zwischendruckbereich der ersten Turbomolekularpumpe angeschlossen ist.

Die erste Turbomolekularpumpe kann dabei eine sogenannte Split-Flow Pumpe sein, die einen zusätzlichen Pumpenport aufweist, der im Bereich der Drag-Stufe der Turbomolekularpumpe liegt. Dieser Drag-Stufen Pumpenport wird dann vorzugsweise zum Vorpumpen der zweiten Turbomolekularpumpe verwendet.

Als Drag-Stufe wird dabei üblicher Weise eine in Turbomolekularpumpen häufig eingesetzte Anordnung aus um einen Stator rotierenden Scheiben mit einer Erhöhung und einem Loch im Randbereich bezeichnet, die ausgangsseitig des letzten Rotorblattes der Turbomolekularpumpe angeordnet ist und zur zusätzlichen Kompression des gepumpten Gases dient.

WO 01AUS310

PCT/EP01/07597

Das Vorpumpen einer Turbomolekularpumpe durch das Vorpakum eines Zwischendruckbereichs, z.B. des Drag-Stufen Pumpenports, einer vorpumpenden Turbomolekularpumpe liefert den Vorteil, daß der Bereich des Haupt-Pumpenports nicht durch den Gasfluß der vorgepumpten Turbomolekularpumpe belastet wird. Dadurch läßt sich trotz der Doppelfunktion der vorpumpenden Turbomolekularpumpe ein besseres Vakuum in dem vom Haupt-Pumpenport evaluierten Bereich erzielen.

Das Teilchenstrahlgerät mit einer entsprechenden kaskadenförmigen Pumpenanordnung weist eine im Ultrahochvakuum zu bestehende Teilchenquelle und eine Präparatkammer auf, die mit Drücken vom Hochvakuumbereich mit Drücken unter  $10^{-3}$  hPa bis mindestens 1 hPa (Hektopascal) bereibbar ist. Zwischen dem Ultrahochvakuumbereich der Teilchenquelle und der Probenkammer sind beim erfundungsgemäßen Teilchenstrahlgerät genau zwei weitere Druckbereiche vorgesehen.

Das Teilchenstrahlgerät weist demgemäß genau vier Druckbereiche auf, nämlich den Ultrahochvakuumbereich, in dem die Teilchenquelle angeordnet ist, zwei Zwischendruckbereiche und die Präparatkammer. Insgesamt ergeben sich damit beim erfundungsgemäßen Teilchenstrahlgerät drei Druckstufen, für die drei Druckstufenblenden insgesamt erforderlich sind.

Um mit nur drei Druckstufen auszukommen, ist der dem Ultrahochvakuumbereich benachbarte Druckbereich über eine Turbomolekularpumpe gepumpt. Weiterhin ist der Auslaß dieser Turbomolekularpumpe durch eine vorgeschaltete Turbomolekularpumpe vorgepumpt, wobei der Auslaß der Turbomolekularpumpe an die Drag-Stufe der vorgeschalteten Turbomolekularpumpe angeschlossen ist. Durch diese Pumpenanordnung wird der Druck in dem dem Ultrahochvakuumbereich benachbarten Druckbereich auf Werte größer  $10^{-4}$  hPa gehalten.

Bei einem weiterhin vorteilhaften Ausführungsbeispiel ist der Haupt-Pumpenport der ersten Turbomolekularpumpe an den der Probenkammer benachbarten Druckbereich

WO 02A15318

PCT/EP01/07597

angeschlossen ist. Die erste Turbomolekularpumpe kann dadurch eine Doppelfunktion erfüllen, nämlich gleichzeitig den Auslaß der zweiten Turbomolekularpumpe vorpumpen und außerdem den der Probenkammer benachbarten Druckbereich evakuieren.

Weiterhin vorzugsweise ist eine Vorpumpe vorgesehen, durch die der Auslaß der ersten Turbomolekularpumpe vorgepumpt ist. Diese Vorpumpe kann zusätzlich dazu dienen, die Präparatkammer auf den gewünschten Druck zu evakuieren. Soweit das Teilchenstrahlgerät auch bei Drücken oberhalb 5 hPa in der Probenkammer betreibbar sein soll, empfiehlt sich jedoch eine zweite Vorpumpe zur Evakuierung der Präparatkammer vorzusehen, so daß die erste Vorpumpe ausschließlich den Auslaß der ersten Turbomolekularpumpe vorpumpt.

Nachfolgend werden Einzelheiten der Erfindung anhand der in den Figuren beschriebenen Ausführungsbeispiele näher erläutert. Im einzelnen zeigen:

Figur 1: Eine Prinzipskizze eines ersten Ausführungsbeispiels der Erfindung für geringere Kammerdrücke und

Figur 2: eine Prinzipskizze eines zweiten Ausführungsbeispiels der Erfindung für höhere Kammerdrücke.

In der Figur 1 ist mit (1) die Präparatkammer und mit (2) die elektronenoptische Säule des Teilchenstrahlgerätes bezeichnet. Die elektronenoptische Säule (2) weist drei Druckbereiche (6), (7), (8) auf, die jeweils durch Druckstufenblenden (9), (10), (11) voneinander getrennt sind. Der – geometrisch gesehen – obere Druckbereich (6) der elektronenoptischen Säule (2) ist für die Aufrechterhaltung eines Ultrahochvakuum mit einem Druck kleiner  $5 \times 10^{-4}$  hPa ausgelegt. Dieser Ultrahochvakuumbereich wird über eine Ionengetterpumpe (12) evakuiert. In diesem Ultrahochvakuumbereich ist die Teilchenquelle (3) in Form einer Feldemissionsquelle bzw. eines Schottky-Emitters angeordnet.

WO 02/05370

PCT/EP01/07597

Zwischen dem Ultrahochvakuumbereich (6) und dem zu diesem benachbarten Zwischendruckbereich (7) ist der Kondensator (5) des Teilchenstrahlgerätes angeordnet, von dem in der Figur 1 nur die Polschuhre angedeutet sind. Etwa in Höhe des oder – in Ausbreitungsrichtung der Elektronen gesehen – hinter dem Polschuhspalt der Kondensatorlinse (5) ist die Druckstufenblende (9) angeordnet, die für die Aufrechterhaltung eines geeigneten Druckunterschiedes zwischen dem Ultrahochvakuumbereich (6) und dem zu diesem benachbarten Zwischendruckbereich (7) gewährleistet.

Auf den ersten Zwischendruckbereich (7) folgt ein zweiter Zwischendruckbereich (8), der von dem ersten Zwischendruckbereich (7) durch eine zweite Druckstufenblende (10) getrennt ist. Zwischen diesem zweiten Zwischendruckbereich (8) und der Präparatkammer ist die Objektivlinse (4) des Teilchenstrahlgerätes angeordnet, von der in der Figur 1 ebenfalls nur die Polschuhre angedeutet sind. Zwischen oder – in Ausbreitungsrichtung der Elektronen gesehen – vor den Polschuhnen der Objektivlinse (4) ist die dritte Druckstufenblende (11) angeordnet, die einen geeigneten Druckunterschied zwischen dem zweiten Zwischendruckbereich (8) und der Präparatkammer (1) sicherstellt.

Für die Einstellung geeigneter Vakuumbedingungen ist beim Ausführungsbeispiel der Figur 1 neben der Ionengitterpumpe (12) für den Ultrahochvakuumbereich (6) eine kaskadenförmige Pumpenanordnung aus einer Vorpumpe (16) und zwei teilweise ebenfalls seriell geschalteten Turbomolekularpumpen (13), (14) vorgesehen. Die Vorpumpe (16) erfüllt dabei eine Doppelfunktion. Die Vorpumpe (16) dient einerseits zum Evakuieren der Präparatkammer (1) direkt über eine separate Rohrverbindung und gleichzeitig zum Abpumpen des Ausgangs (25) der ersten Turbomolekularpumpe (14). Die Evakuierung der Präparatkammer (1) ist dabei über ein Ventil (17) in der Rohrverbindung Regelbar. Der Druck in der Präparatkammer ist über ein nicht dargestelltes, regelbares Gaseinlaßventil einstellbar.

Die erste Turbomolekularpumpe (14) ist als leistungstarke sogenannte Split-Flow-Pumpe ausgelegt und erfüllt eine Dreiachsfunktion. Der Ansaugstutzen des Haupt-Pumpenports

WO 02/05330

US7707597

(21) ist über eine Rohrleitung (15) direkt an den zur Präparatkammer (1) benachbarten Zwischendruckbereich (8) angeflanscht und sorgt dadurch für eine direkte Evakuierung dieses Zwischendruckbereiches. Gleichzeitig ist der Ansaugstutzen des Hauptpumpenports (21) über ein zweites Ventil (19) unmittelbar an die Präparatkammer (1) angeflanscht. Der Ansaugstutzen des Druck-Stufen-Ports (22) der ersten Turbomolekularpumpe (14) ist weiterhin an den Auslaß der zweiten Turbomolekularpumpe (13) angegeschlossen, so daß die erste Turbomolekularpumpe (14) zusätzlich zur Evakuierung des Probenkammer (1) benachbarten Zwischendruckbereiches (8) zum Vorpumpen der zweiten Turbomolekularpumpe (13) über den Druck-Stufen-Port (22) dient. Der Ansaugstutzen (23) der zweiten Turbomolekularpumpe (13) ist an den zum Ultrahochvakuumbereich (6) benachbarten Zwischendruckbereich (7) direkt angeschlossen.

Soweit vorstehend oder nachfolgend von einem direkten Anschluß einer Vakuumpumpe an einen Druckbereich gesprochen ist, ist damit gemeint, daß die durch diese Pumpe erfolgende Evakuierung des betreffenden Druckbereiches direkt erfolgt, also ohne daß die von dieser Pumpe abgepumpte Gasmenge zwischen dem betreffenden Druckbereich und dem Ansaugstutzen der Pumpe eine Druckstufenblende passieren müsste.

Das vorstehend beschriebene Vakuumsystem ist ein differentiell gepumptes Vakuumsystem mit insgesamt vier Druckbereichen.

Mit der beschriebenen kaskadenförmigen, seriell geschalteten Pumpenordnung läßt sich mit Hilfe einer einzigen Ioneneiterpumpe (12), der zwei Turbomolekularpumpen (13), (14) und einer einzigen Vorpumpe (16) ein Ultrahochvakuum mit Drücken kleiner  $5 \times 10^{-4}$  hPa in der Ultrahochvakuumkammer (6) bei Drücken zwischen 5 hPa und  $10^{-7}$  hPa in der Präparatkammer (1) aufrechterhalten. Bei gewünschten Drücken in der Präparatkammer (1) zwischen  $10^{-4}$  hPa und 5 hPa ist dabei das Ventil (17) zwischen der Vorpumpe (16) und der Präparatkammer (1) geöffnet und das zweite Ventil (19) zwischen der ersten Turbomolekularpumpe (14) und der Präparatkammer (1) geschlossen. Das Vakuum in der

WO 02/053310

PCT/EP01/07597

Präparatkammer (1) ist dann ausschließlich durch das mit der Vorpumpe (16) erreichbare bzw. an dieser eingestellte Vakuum bestimmt. Durch das Vorpumpen des Auslasses (26) der zweiten Turbomolekularpumpe durch das Vorpakuum der Drag-Stufe (24) der ersten Turbomolekularpumpe (14) und dadurch, daß die nahezu komplett Pumpleistung der ersten Turbomolekularpumpe (14) ausschließlich zum Pumpen des der Präparatkammer benachbarten Zwischendruckbereiches (8) dient, wird sicher gestellt, daß in dem dem Ultrahochvakuumbereich benachbarten Zwischendruckbereich (7) ein Vakuum zwischen  $10^{-4}$  und  $10^{-6}$  hPa aufrechterhalten wird.

Bei Drücken unter  $10^{-3}$  hPa in der Präparatkammer (1), die mit der Vorpumpe (16) nicht erreichbar sind, wird das erste Ventil (17) zwischen der Vorpumpe (16) und der Präparatkammer (1) geschlossen und das zweite Ventil (19) zwischen der Präparatkammer (1) und der ersten Turbomolekularpumpe (14) geöffnet. Die Vorpumpe (16) dient dann ausschließlich zum Vorpumpen der ersten Turbomolekularpumpe (14). Sowohl die Präparatkammer (1) als auch der der Präparatkammer (1) benachbarte Zwischendruckbereich (8) werden dann durch die erste Turbomolekularpumpe (14) direkt gepumpt. Die in der Objektivlinse (4) angeordnete Druckstufenblende (11) ist in diesem Fall ohne Wirkung. Durch die mit der ersten Turbomolekularpumpe (14) vorgepumpte zweite Turbomolekularpumpe (13) wird auch in diesem Fall in dem dem Ultrahochvakuumbereich (6) benachbarten Zwischendruckbereich (7) ein Vakuum zwischen  $10^{-3}$  und  $10^{-4}$  hPa aufrechterhalten.

In beiden Fällen liegt das Vorpakuum der Drag-Stufe (24) der ersten Turbomolekularpumpe, durch das die zweite Turbomolekularpumpe (13) vorgepumpt wird, in einem Bereich zwischen  $10^{-3}$  hPa und  $10^{-4}$  hPa.

Damit bei dem beschriebenen Ausführungsbeispiel auch beim Öffnen der Präparatkammer (1) das Ultrahochvakuum im Ultrahochvakuumbereich (6) aufrechterhalten wird, ist innerhalb der elektromechanischen Säule, vorzugsweise zwischen dem

WO 02A05310

PC77EP01D7597

Ultrahochvakuumbereich und dem dem Ultrahochvakuumbereich benachbarten Druckbereich (7) ein Absperrventil (18) vorgesehen, das vor dem Öffnen der Präparatkammer (1) geschlossen wird. Die Vorpumpe (16) und die beiden Turbomolekularpumpen (13), (14) können dadurch beim Öffnen der Präparatkammer (1) außer Betrieb gesetzt werden.

Das in der Figur 2 dargestellte Ausführungsbeispiel entspricht im wesentlichen dem Ausführungsbeispiel in Figur 1. Demzufolge sind in der Figur 2 die jeweigen Komponenten, die denen des Ausführungsbeispiels nach Figur 1 entsprechen, mit identischen Bezugssymbolen versehen. Soweit beide Ausführungsbeispiele übereinstimmen, wird bzgl. Figur 2 auf die vorstehende Beschreibung der Figur 1 verwiesen.

Der wesentliche Unterschied zwischen dem Ausführungsbeispiel nach Figur 2 und dem nach Figur 1 besteht darin, daß die Vorpumpe (16) beim Ausführungsbeispiel nach Figur 2 ausschließlich zum Vorpumpen der ersten Turbomolekularpumpe (14) dient, deren vorevakuumseitige Dragnstufe (24) wiederum zum Vorpumpen der zweiten Turbomolekularpumpe (13) dient. Zum Evakuieren der Präparatkammer (1) ist eine zweite Vorpumpe (20) vorgesehen, deren Pumpleistung wiederum über ein erstes Ventil (17') regelbar ist. Mit dieser alternativen Pumpenanordnung mit einer zweiten Vorpumpe (20) ist das Teilchenstrehlgeäß unter Aufrechterhaltung des Ultrahochvakums im Ultrahochvakuumbereich (6) auch bei Drücken in der Präparatkammer bis 100 hPa einsetzbar. Bei Kammerdrücken unter  $10^3$  hPa in der Präparatkammer (1) wird sowohl die Präparatkammer (1) als auch der der Präparatkammer (1) benachbarte Zwischenandruckbereich (8) ausschließlich über die erste Turbomolekularpumpe gepumpt. In diesem Fall ist das erste Ventil (17') zwischen der zweiten Vorpumpe (20) und der Präparatkammer (1) geschlossen und das zweite Ventil (19) zwischen der ersten Turbomolekularpumpe (14) und der Präparatkammer (1) geöffnet. Bei Drücken zwischen  $10^4$  und 100 hPa ist dagegen das erste Ventil (17') geöffnet, so daß die Präparatkammer (1) durch die zweite Vorpumpe (20) evakuiert wird, und das zweite Ventil (19) geschlossen. Der aufgrund der höheren Kammerdrücke stärkere Gasstrom zwischen

WO 02AUS310

PCT/EP01/07597

der Präparatkammer und der der Präparatkammer (1) benachbarten Zwischendruckkammer (8) wird bei diesem Ausführungsbeispiel dadurch abgefangen, daß die erste Vorpumpe (16) ausschließlich zum Vorpumpen der ersten Turbomolekularpumpe (14) dient, die dadurch eine entsprechend erhöhte Förderleistung erhält. Auch in diesem Fall gewährleistet die durch die Drag-Stufe (24) der ersten Turbomolekularpumpe (14) mit einem Vorpunktum im Bereich zwischen  $10^{-4}$  hPa und  $10^{-3}$  hPa vorgepumpte zweite Turbomolekularpumpe (13) die Aufrechterhaltung eines Vakuums zwischen  $10^{-4}$  und  $10^{-3}$  hPa in dem an den Ultrahochvakumbereich (6) angrenzenden Zwischendruckbereich (7).

Bei dem in der Figur 2 dargestellten Ausführungsbeispiel wird zwischen dem Ultrahochvakumbereich (6) und der Präparatkammer eine Druckdifferenz von bis zu 10 Größenordnungen, also von  $10^{10}$  hPa über nur zwei Zwischendruckbereiche aufrecht erhalten.

Grundsätzlich denkbar wäre es auch, wie beim zitierten Stand der Technik, auch den an den Ultrahochvakumbereich angrenzenden Zwischendruckbereich (7) mittels einer zweiten Ionengitterpumpe zu evakuieren. In diesem Fall wäre dann der an die Präparatkammer (1) angrenzende Zwischendruckbereich mittels einer durch die Drag-Stufe einer Turbomolekularpumpe vorgepumpten Turbomolekularpumpe zu evakuieren. Die zweite Ionengitterpumpe müßte dann jedoch mit sehr hoher Pumpleistung ausgelegt sein, wodurch wiederum wegen der größeren Abmessungen der Ionengitterpumpe eine größere Bruttöhle der elektronenoptischen Säule resultieren würde.

## Patentansprüche:

1. Kaskadenförmige Pumpenanordnung für ein Teilchenstrahlgerät mit einer ersten und einer zweiten Turbomolekularpumpe (13, 14), wobei der Auslaß (26) der zweiten Turbomolekularpumpe (13) durch einen zwischen dem Haupt-Pumpenport (21) und dem Auslaß (25) der ersten Turbomolekularpumpe (14) liegenden Zwischendruckbereich (24) vorgepumpt ist.
2. Kaskadenförmige Pumpenanordnung nach Anspruch 1, wobei die erste Turbomolekularpumpe (14) eine Split-Flow-Pumpe mit einem Anschlußstutzen (22) an der Druck-Stufe (24) ist und der Auslaß (26) der zweiten Turbomolekularpumpe (13) an die Druck-Stufe (24) der ersten Turbomolekularpumpe (14) angeschlossen ist.
3. Pumpenanordnung nach Anspruch 1 oder 2, wobei eine weitere Vorpumpe (16) zum Vorpumpen des Auslasses (25) der ersten Turbomolekularpumpe (14) vorgesehen ist.
4. Teilchenstrahlgerät, das eine im Ultrahochvakuum zu betreibende Teilchenquelle (3) und eine Präparakkammer (1) aufweist, die mit Drücken vom Hochvakuum mindestens bis zu 1 hPa betreibbar ist, und wobei eine kaskadenförmige Pumpenanordnung nach einem der Ansprüche 1 - 3 vorgesehen ist.
5. Teilchenstrahlgerät nach Anspruch 4, wobei zwischen dem Ultrahochvakuumbereich (6) der Teilchenquelle und der Probenkammer (1) genau zwei weitere Zwischendruckbereiche (7), (8) vorgesehen sind.
6. Teilchenstrahlgerät nach einem der Ansprüche 4 - 5, wobei der dem Ultrahochvakuumbereich (6) benachbarte Druckbereich mittels der zweiten Turbomolekularpumpe (13) gepumpt ist.

WO 0205310

PCT/EP01/07597

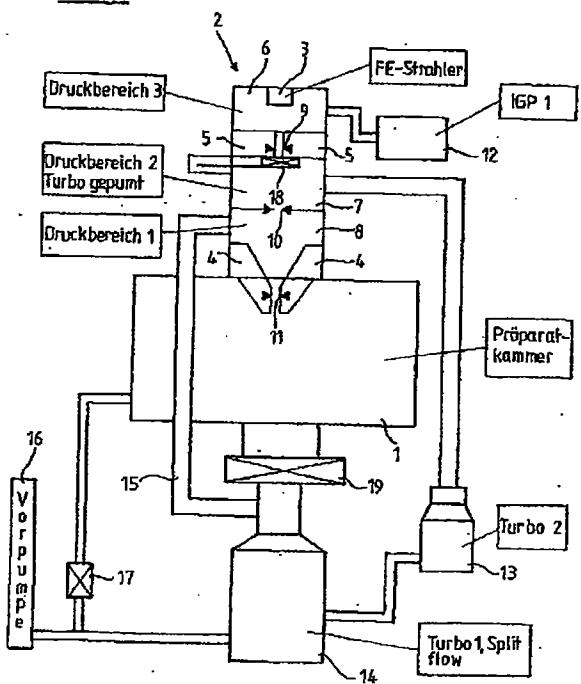
7. Teilchenstrahlgerät nach einem der Ansprüche 4 - 6, wobei die erste Turbomolekularpumpe (14) über den Haupt-Pumpenport (21) gleichzeitig direkt an den Präparatkammer (1) benachbarten Druckbereich (8) angeschlossen ist.
8. Teilchenstrahlgerät nach Anspruch 7, wobei die Vorpumpe (16) über ein Ventil (17) direkt an die Präparatkammer (1) angeschlossen ist.
9. Teilchenstrahlgerät nach einem der Ansprüche 4 bis 8, wobei die erste Turbomolekularpumpe (14) zusätzlich über ein weiteres Ventil (19) direkt an die Präparatkammer (1) angeschlossen ist.
10. Teilchenstrahlgerät nach einem der Ansprüche 8 - 9, wobei eine zweite Vorpumpe (20) vorgesehen und an die Präparatkammer (1) angeschlossen ist.
11. Teilchenstrahlgerät nach einem der Ansprüche 4 bis 10, wobei eine Ionengetterpumpe (12) zum Evaluieren des Ultrahochvakuumbereiches (6) vorgesehen ist.

WO 02/05310

PCT/EP01/02597

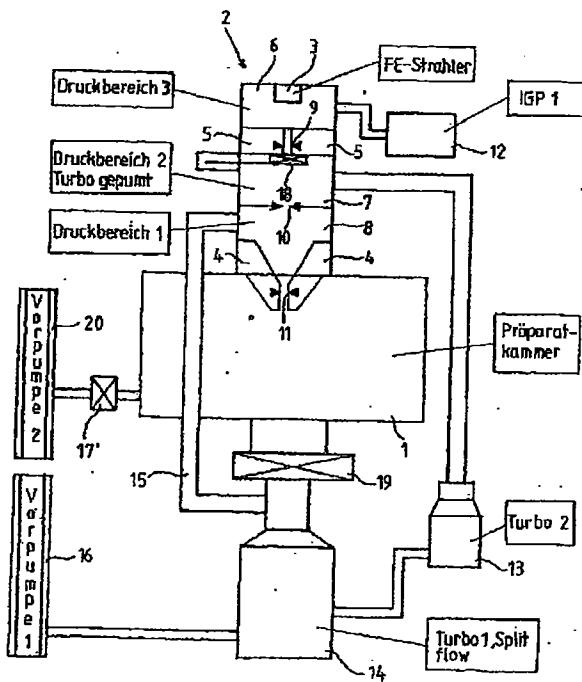
1/2

FIG.1



ERSATZBLATT (REGEL 26)

2/2

FIG.2

ERSATZBLATT (REGEL 26)

## 【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT																			
<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> IPC 7 H01J37/28 H01J37/18 F04D19/04																			
<b>According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC:</b> <b>B. FIELDS SEARCHED</b> Various classification schemes are used. (Classification system followed by classification symbols) IPC 7 H01J F04D																			
Documentation reported other than minimum documentation to the effect that such documents are included in the fields searched  Electronic data base consulted during the international search (Search of data base and, where practical, search leveraged) EPO-Internal, PAJ, WPI Data																			
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Category</th> <th>Description of document, with indication, where appropriate, of the related references</th> <th>Relevant to claim No.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>US 5 828 064 A (KNOWLES W RALPH) 27 October 1998 (1998-10-27) cited in the application abstract: figure 3</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 5 733 308 A (GANSCHOW OTTO ET AL) 31 March 1998 (1998-03-31) column 5 -column 6; figures 6-8</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 4 651 571 A (TARNOWSKI ANDREW A) 17 March 1987 (1987-03-17) figure 3</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 6 030 189 A (BORN THOMAS ET AL) 29 February 2000 (2000-02-29) column 2, line 25 - line 29</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>—</td> </tr> </tbody> </table>		Category	Description of document, with indication, where appropriate, of the related references	Relevant to claim No.	A	US 5 828 064 A (KNOWLES W RALPH) 27 October 1998 (1998-10-27) cited in the application abstract: figure 3	1	A	US 5 733 308 A (GANSCHOW OTTO ET AL) 31 March 1998 (1998-03-31) column 5 -column 6; figures 6-8	1	A	US 4 651 571 A (TARNOWSKI ANDREW A) 17 March 1987 (1987-03-17) figure 3	1	A	US 6 030 189 A (BORN THOMAS ET AL) 29 February 2000 (2000-02-29) column 2, line 25 - line 29	1			—
Category	Description of document, with indication, where appropriate, of the related references	Relevant to claim No.																	
A	US 5 828 064 A (KNOWLES W RALPH) 27 October 1998 (1998-10-27) cited in the application abstract: figure 3	1																	
A	US 5 733 308 A (GANSCHOW OTTO ET AL) 31 March 1998 (1998-03-31) column 5 -column 6; figures 6-8	1																	
A	US 4 651 571 A (TARNOWSKI ANDREW A) 17 March 1987 (1987-03-17) figure 3	1																	
A	US 6 030 189 A (BORN THOMAS ET AL) 29 February 2000 (2000-02-29) column 2, line 25 - line 29	1																	
		—																	
<input checked="" type="checkbox"/> Former documents are listed in the continuation of box C. <input type="checkbox"/> Patent family members are listed in Annex.																			
* Special categories of cited documents: "A" document disclosing the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "B" document not published on or after the international filing date "C" document which may prove useful as prior art, copies of which is used to establish the publication date of another document or other specific reason (by Specification) "D" document relating to one of the inventions, one exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed																			
* <sup>1</sup> later document published after the international filing date which is used to establish the publication date of another document published on or before the international filing date but which is not used to establish the priority date of the invention * <sup>2</sup> document of prior art relevance; the claimed invention cannot be considered to be new in view of this document * <sup>3</sup> document of prior art relevance; the claimed invention cannot be considered to be new in view of this document because it is not used to establish the priority date of the invention * <sup>4</sup> document member of the same patent family																			
Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report																		
15 November 2001	21/11/2001																		
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.O. 8010 Petershain 2 D-8037 Munich 2 Tel. (089) 309 3000, Fax. (089) 309 3016 Tel. (089) 309 3000, Fax. (089) 309 3016																			
Authorized officer																			
Destreich, S																			

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International Application No PCT/EP 01/07597
Category	Character of document, with the date (where applicable) of the relevant publication	Reference to claim(s)
P,A	WO 00 46508 A (VARIAN INC) 10 August 2000 (2000-08-10) abstract; figure 1	1
A	EP 0 643 227 A (BOE GROUP PLC) 15 March 1995 (1995-03-15) abstract	1

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
Information on patent family members

Search Application No  
PCT/EP 01/07597

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family members (a)	Publication date
US 5828064	A	27-10-1998	EP 0785145 A1 WO 9707525 A1	30-07-1997 27-02-1997
US 5733104	A	31-03-1998	DE 4331589 A1 EP 0603694 A1 JP 6280785 A	30-06-1994 29-06-1994 04-10-1994
US 4651171	A	17-03-1987	CA 1253196 A1 DE 3665378 D1 EP 0195575 A2	25-04-1989 05-10-1989 29-10-1986
US 6030189	A	29-02-2000	DE 29516599 U1 WO 9715760 A1 EP 0856108 A1 JP 11513775 T	07-12-1995 01-05-1997 05-08-1998 24-11-1999
WO 0046508	A	10-08-2000	US 6193461 B1 EP 1068456 A1 WO 0046508 A1	27-02-2001 17-01-2001 10-08-2000
EP 0643227	A	15-03-1995	EP 0643227 A1 JP 7151092 A US 5611660 A	15-03-1995 13-06-1995 18-03-1997

Form PCT/09/010 (published family 27-01-2002)

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT		In: Deutsches Patentamt/Deutsch PCT/EP 01/07597
A. KLASSERFERKUNGS-DES ANMELDUNGSGEHÄLTENDER		
IPK 7 HO1J37/28 HO1J37/18 F04D19/04		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (EPO) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK		
B. RECHERCHENRECHTE GESETZTE		
Rechtsdienstler/Mitarbeiter (Rechtsdienstleistungs- und Klassifikationsabteilung)		
IPK 7 HO1J F04D		
Verzeichnis über nicht zum Veröffentlichungsort gereichte Veröffentlichungen, soweit diese unter die nachstehenden Gruppen fallen		
Während des Normierungs- und Rechtsdienstes erfasste Rechtsschutz-Dokumente (Name der Datenbank und zivl. verwendete Sachbegriffe)		
EPO-Internal, PAJ, WPI Data		
C. AUS WISSENSCHAFTLICH ANWENDENDEM UNTERFELDÄRM		
Zurgriffen	Besoldung der Veröffentlichung, soweit schriftlich oder Angabe der in Gruppen unterteilten Tabelle	Dat. Anspruch/Nr.
A	US 5 828 064 A (KNOWLES M RALPH) 27. Oktober 1998 (1998-10-27) in der Anmeldung erwähnt Zusammenfassung; Abbildung 3	1
A	US 5 733 104 A (GANSCHOW OTTO ET AL) 31. März 1998 (1998-03-31) Spalte 5 - Spalte 6; Abbildungen 6-8	1
A	US 4 651 171 A (TARNOWSKI ANDREW A) 17. März 1987 (1987-03-17) Abbildung 1	1
A	US 6 030 189 A (BOHM THOMAS ET AL) 29. Februar 2000 (2000-02-29) Spalte 2, Zeile 25 - Zeile 29	1
	—/—	
<input checked="" type="checkbox"/> Welche Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C vorher erwähnt?		<input type="checkbox"/> Sicht-Artung Patentamt
<p>* Besondere Kategorien von ungeprüften Veröffentlichungen:</p> <p>"A" Veröffentlichung, die den abgegrenzten Bereich der Technik abdeckt, die nicht als Veröffentlichung im Sinne des Artikels 54(1) der PCT definiert ist.</p> <p>"B" Neues Dokument, das jedoch nicht mit einer nach dem Internationalen Anrechtsdokument nachgewiesenen Art</p> <p>"C" Veröffentlichung, die geprägt ist durch, dass sie die sprachspezifische Form, die die technische Information in der technischen Einheit vermittelt, nicht oder nur aus einer unvollen Bezeichnung (z.B. unvollständiges Wort oder Wortteil)</p> <p>"D" Veröffentlichung, die besondere Verhältnisse der technischen Einheit aufweist, die die Veröffentlichung nicht als neue oder nicht geprägte Veröffentlichung kennzeichnen.</p> <p>"E" Veröffentlichung, die besondere Verhältnisse der technischen Einheit aufweist, die die Veröffentlichung nicht als neue oder nicht geprägte Veröffentlichung kennzeichnen.</p> <p>"F" Veröffentlichung, die sich auf eine mehrfache Obertragung einer Benennung einer reziproken Veröffentlichung bezieht</p> <p>"G" Veröffentlichung, die vor dem Internationalen Anrechtsdokument, aber nach dem Internationalen Patentamtvertrag erstellt wurde.</p>		
Datum des Abschlusses der internationale Recherche		Abschlussdatum des Internationalen Rechercheberichts
15. November 2001		21/11/2001
Name und Postanschrift der Internationalen Rechercheberichtsbehörde		Deutschland/Deutschland
Kempinski Postamtamt, 030 0151 Postamtamt 02 M: 22000 Berlin T: (037-70) 546-2011; Te: 31 451 4021 Fax: (037-70) 546-2015		Oestreich, S

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

In: Deutscher Allgemeiner  
PCT/EP 01/07597

Gegenübung: ALB WESENTLICH ANGEGEBEN UNTERLAGEN		
Kategorie	Beschreibung der Veröffentlichung, anweisen erheblich unter Angabe der in Rechtsvermerken Verfe.	BSR: Ansprech-Pt.
P,A	WO 00 46508 A (VARIAN INC) 10. August 2000 (2000-08-10) Zusammenfassung: Abbildung 3	1
A	EP 0 643 227 A (BOC GROUP PLC) 15. März 1995 (1995-03-15) Zusammenfassung	1

Formular P01A/010 (Produktion von PCT/EP 2002)

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT			Angeführte Veröffentlichung		Angeführte Veröffentlichung			
			PCT/EP 01/07597					
Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung				
US 5828064	A	27-10-1998	EP WO	0786145 A1 9707525 A1	30-07-1997 27-02-1997			
US 5733104	A	31-03-1998	DE EP JP	4331589 A1 0603694 A1 6280785 A	30-06-1994 29-06-1994 04-10-1994			
US 4651171	A	17-03-1987	CA DE EP	1253195 A1 3666378 D1 0199575 A2	25-04-1989 05-10-1989 29-10-1986			
US 6030189	A	29-02-2000	DE WO EP JP	29516599 U1 9715760 A1 0856108 A1 11613775 T	07-12-1995 01-06-1997 05-08-1998 24-11-1999			
WO 0046508	A	18-08-2000	US EP WO	6193461 B1 1068455 A1 0046508 A1	27-02-2001 17-01-2001 10-08-2000			
EP 0643227	A	15-03-1995	EP JP US	0643227 A1 7151092 A 5611660 A	15-03-1995 13-06-1995 18-03-1997			

Form 258 P0 (05/04/2010) Anhang P0 (05/04/2010) 1-102